

539,500

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. Juli 2004 (08.07.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/057727 A1(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H02K 1/27,**
17/16Christian [DK/DE]; Ortsstrasse 35, D-24980 Nordhackst-
edt (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DK2003/000862

(74) Anwalt: NISSEN, Georg; Danfoss A/S, Patentabteilung,
DK-6430 Nordborg (DK).(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Dezember 2003 (12.12.2003)(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AM, AT, AU, BA, BG,
BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE,
HR, HU, IL, IN, IS, JP, KR, KZ, LT, LU, LV, MD, MK,
MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SE, SG, SK, TR, UA, US,
UZ, VN, YU, ZA.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 61 763.5 19. Dezember 2002 (19.12.2002) DE(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): eurasisches Patent (AM,
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): DANFOSS COMPRESSORS GMBH [DE/DE];
Mads-Clausen-Str. 7, P.O. Box 1443, D-24904 Flensburg
(DE).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

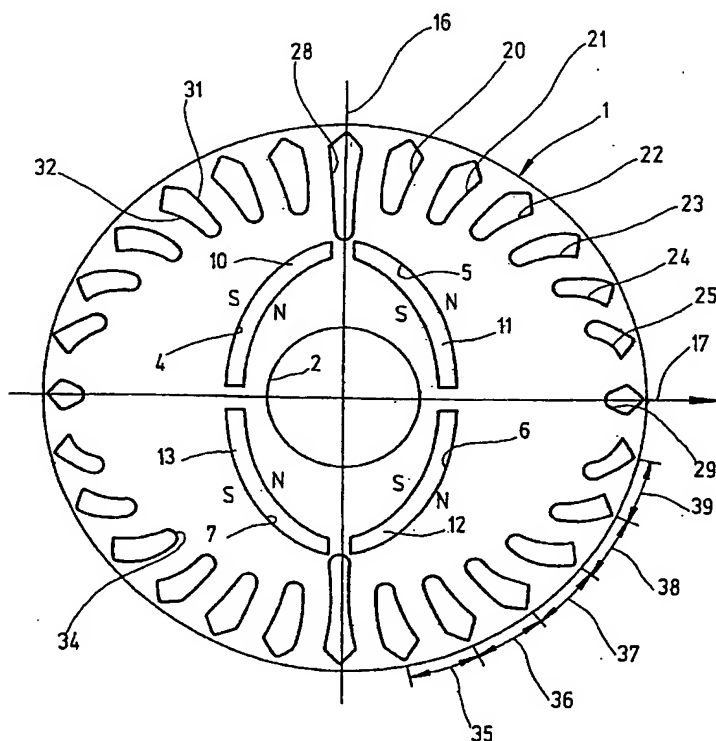
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WEIHRAUCH, Niels,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: ROTOR FOR AN ELECTRIC MOTOR

(54) Bezeichnung: ROTOR FÜR EINEN ELEKTROMOTOR



(57) Abstract: The invention relates to a rotor for an electric motor, especially an electric line-start motor, comprising spaces (4 to 7) which receive permanent magnets (10 to 13) and extend in an axial direction, and spaces (20 to 25) that accommodate conductor rods and extend in an axial direction. In order for the rotor to run as regularly as possible, the spaces (20 to 25) accommodating the conductor rods are provided with a substantially elongate cross section in at least one sector of the rotor while being embodied in a curved manner along the longitudinal axis thereof in said sector when viewed from a cross-sectional perspective.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (4 bis 7), für Permanentmagnete (10 bis 13) und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (20 bis 25) für Leiterstäbe. Um einen möglichst gleichmäßigen Lauf des Rotors zu erzielen, weisen die Aufnahmeräume (20 bis 25) für die Leiterstäbe in mindestens einem Sektor des Rotors einen im wesentlichen länglichen Querschnitt auf, und sind in diesem Sektor, im Querschnitt betrachtet, entlang ihrer Längsachse gekrümmt ausgebildet.

WO 2004/057727 A1

Rotor für einen Elektromotor

Die Erfindung betrifft einen Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen
5 Line-Start-Elektromotor mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen
für Permanentmagnete und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräu-
men für Leiterstäbe.

Als Line-Start-Elektromotoren werden Hybrid-Drehstrommotoren bezeichnet, die
eine Kombination eines Drehstromasynchronmotors mit einem Drehstromsyn-
10 chronmotor darstellen. Ein solcher Line-Start-Elektromotor umfasst einen Stator,
der auch als Ständer bezeichnet wird, mit mehreren Stator- oder Ständerwick-
lungen. Die Ständerwicklungen erzeugen ein Drehfeld, das in einem Läufer oder
Rotor eine Spannung erzeugt, durch die der Rotor in Drehung versetzt wird. Der
Rotor eines Line-Start-Elektromotors hat sowohl Merkmale des Rotors eines
15 Drehstromasynchronmotors als auch Merkmale des Rotors eines Drehstromsyn-
chronmotors. Line-Start-Motoren können auch für einphasige Netzversorgung
ausgelegt werden, eventuell mit einem Betriebskondensator.

In dem Rotor eines Drehstromasynchronmotors, der auch als Induktionsmotor
bezeichnet wird, sind Leiterstäbe zum Beispiel aus Aluminium oder Kupfer im
20 Wesentlichen in axialer Richtung angeordnet. An den Stirnseiten des Rotors
können die Leiterstäbe durch Kurzschlussringe verbunden sein. Die Leiterstäbe
bilden zusammen mit den Kurzschlussringen die Läuferwicklung und können die
Form eines Käfigs haben, weshalb ein solcher Rotor auch als Käfigläufer be-
zeichnet wird. In Betrieb bewirkt das Drehfeld der Statorwicklung eine Fluss-
25 änderung in den Leiterschleifen des zunächst stillstehenden Rotors. Die Fluss-
änderungsgeschwindigkeit ist proportional der Drehfelddrehzahl. Die induzierte
Spannung lässt Strom in den durch die Kurzschlussringe verbundenen Rotorlei-
terstäben fließen. Das durch den Rotorstrom erzeugte Magnetfeld bewirkt ein
Drehmoment, das den Rotor in Drehrichtung des Statordrehfelds dreht. Wenn
30 der Rotor die Drehzahl des Statordrehfelds erreichen würde, dann wäre die
Flussänderung in der betrachteten Leiterschleife Null und damit auch das die
Drehung bewirkende Drehmoment. Die Rotordrehzahl ist daher bei Drehstrom-
asynchronmotoren stets kleiner als die Drehfelddrehzahl. Der Rotor läuft also
nicht mechanisch synchron mit der Drehfelddrehzahl.

- 2 -

In dem Rotor eines Drehstromsynchronmotors können zum Beispiel Permanentmagnete angeordnet sein, die im Betrieb ein magnetisches Rotordrehfeld erzeugen. Wenn die Statorwicklung mit Drehstrom versorgt wird, werden die Pole des Rotors durch die Gegenpole des Statorfelds angezogen und kurz darauf von dessen gleichartigen Polen abgestoßen. Der Rotor kann in Folge seiner Massenträgheit nicht sofort der Statorfrequenz folgen. Wenn der Rotor aber annähernd die Drehzahl des Statorfelds erreicht hat, dann wird der Rotor sozusagen in die Statorfeldfrequenz hineingezogen und läuft mit dieser weiter. Das heißt, nach dem Anlaufen des Rotors dreht sich dieser synchron mit der Statorfeldfrequenz.

Der Rotor eines Line-Start-Elektromotors umfasst sowohl Permanentmagnete als auch Leiterstäbe. Die Leiterstäbe bilden eine Anlaufhilfe für den Rotor. Wenn annähernd die Drehzahl des Statorfelds erreicht worden ist, dann entfalten die Permanentmagnete ihre Wirkung. Der Line-Start-Elektromotor verbindet also die guten Anlaufeigenschaften eines Asynchronmotors, also das große Anlaufmoment, mit dem hohen Wirkungsgrad des Synchronmotors. Beim Anlaufen des Motors entfalten die Leiterstäbe ihre Wirkung, wohingegen die Dauermagnete beim Anlaufen des Motors eigentlich nur eine störende Rolle haben. Während des synchronen Betriebs, zum Beispiel bei 50 Hz oder 3000 U/min., entfalten dagegen die Dauermagnete ihre Wirkung, wohingegen die Leiterstäbe dann nicht mehr zur Erzeugung des Drehmoments beitragen, da im Synchronbetrieb in den Leiterstäben keine Spannung induziert wird.

Das im Betrieb des Line-Start-Elektromotors in einem Luftspalt zwischen Rotor und Stator existierende magnetische Feld umfasst zwei Komponenten. Die erste Komponente des resultierenden Felds wird von den Statorwicklungen bewirkt. Diese wird auch Drehfeld genannt. Die zweite Komponente des resultierenden Felds wird von den Permanentmagneten bewirkt, die auch als Dauermagneten bezeichnet werden können. In Betrieb von herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren, wie sie zum Beispiel aus der WO 01/06624A1 bekannt sind, können Drehmomentschwankungen auftreten, die unerwünscht sind.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Rotor gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere für einen Elektromotor gemäß Oberbegriff des An-

- 3 -

spruchs 14, zu schaffen, der das Magnetfeld während synchronen Betriebs annähernd sinusförmig macht.

Die Aufgabe wird durch einen Rotor gelöst, der die Merkmale des Patentanspruchs 1 aufweist. Bevorzugte Ausführungsarten der Erfindung sind in den Unteransprüchen offenbart.

Es ist erwünscht, dass die Feldstärke des zwischen Rotor und Stator existierenden Magnetfelds während des synchronen Betriebs annähernd sinusförmig ist. Dem wirken allerdings die Permanentmagneten in dem Rotor entgegen, die bei herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren zu einem eckigen Verlauf führen. Das gewünschte sinusförmige Drehfeld wird somit von den herkömmlichen Permanentmagneten verzerrt und trägt damit während des synchronen Betriebs zu Drehmomentschwankungen beziehungsweise Momentpulsationen bei. Diese unerwünschte Verzerrung während synchronen Betriebs wird dadurch erzeugt, dass die Feldstärke des permanenten Magnets unabgeschwächt über die Rotoroberfläche verteilt wird. In Richtung der Magnetachse bestimmen die Permanentmagnete hauptsächlich das Feld. Bei herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren ist der Rotor somit für das Magnetfeld vom Stator nur teilweise in Richtung der Neutralachse, nicht aber in Richtung der Magnetachse voll durchlässig.

Bei dem erfindungsgemäßen Rotor handelt es sich vorzugsweise um einen Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen für Permanentmagnete und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen für Leiterstäbe. Die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe weisen in mindestens einem Sektor des Rotors einen im Wesentlichen länglichen Querschnitt auf. Im Querschnitt betrachtet sind die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe in diesem Sektor entlang ihrer Längsachse gekrümmt ausgebildet. Bei im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführten Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass die Drehmomentschwankungen bei herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren darauf zurückzuführen sind, dass der Verlauf der Feldstärke des resultierenden Magnetfelds in dem Luftspalt zwischen Stator und Rotor über dem Drehwinkel nicht sinusförmig, sondern, zumindest teilweise, eckig ist. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung und Anordnung der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe kann im Betrieb ein annähernd sinusförmiger Verlauf erreicht werden.

- 4 -

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Permanentmagnete, insbesondere vier Permanentmagnete, so angeordnet sind, dass sie ein magnetisches Feld mit einer Neutralachse und einer Magnetachse erzeugen, die senkrecht zu der Neutralachse angeordnet ist.

- 5 Die Krümmungsradien der Aufnahme­räume für die Leiter­stäbe nehmen von der Neutralachse zu der Magnetachse hin ab, das heißt, die Krümmungsradien sind in der Nähe der Magnetachse kleiner als in der Nähe der Neutralachse. Die Neutralachse verläuft da, wo die Permanentmagneten kein Magnetfeld erzeugen. Die Magnetachse verläuft da, wo das von den Dauermagneten erzeugte
- 10 Magnetfeld am stärksten ist. Die Feldstärke des Permanentmagnetfelds kann zum Beispiel 1,5 Tesla betragen. Das von den Ständer- oder Statorwicklungen erzeugte Magnetfeld verläuft von dem Stator durch den Rotor und wieder in den Stator zurück. Durch die Verringerung der Krümmungsradien von der Neutralachse zu der Magnetachse wird erreicht, dass das die während des Anlaufs auf-
- 15 tretenden Magnetfeldlinien vom Stator den Rotor gut durchdringen können.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen den Aufnahme­räumen für die Leiter­stäbe konstant ist. Diese Anordnung hat sich bei im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführten Versuchen als besonders vorteilhaft erwiesen.

- 20 Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahme­räume für die Leiter­stäbe, im Querschnitt betrachtet, so entlang ihrer Längsachse gekrümmt ausgebildet und angeordnet sind, dass der Abstand der Aufnahme­räume für die Leiter­stäbe zur Drehachse des Rotors, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, von der Neutralachse zu der
- 25 Magnetachse hin zunimmt. Dadurch werden Freiräume geschaffen, in denen die Feldlinien des von den Statorwicklungen erzeugten Magnetfelds den Rotor durchdringen können.

- Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Längsachsen der Aufnahme­räume für die Leiter­stäbe, im
- 30 Querschnitt durch den Rotor betrachtet, in der Nähe der Neutralachse, abgesehen von der Krümmung und bezogen auf den Rotor, im Wesentlichen radial ausgerichtet sind, und dadurch, dass die Längsachsen der Aufnahme­räume für die Leiter­stäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, zur Magnetachse hin so

- 5 -

verdreht angeordnet sind, dass die radial äußeren Enden der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, in einem geringen Abstand zu der Magnetachse angeordnet sind als bei einer radialen Ausrichtung. Daraus ergibt sich, dass die Längsachsen der Aufnahmeräume für die
5 Leiterstäbe in der Nähe der Magnetachse der Permanentmagneten im Wesentlichen parallel zu dieser verlaufen. Das wiederum führt dazu, dass das von den Permanentmagneten erzeugte Magnetfeld, auch in der Nähe der Magnetachse, ungehindert zwischen den Aufnahmeräumen für die Leiterstäbe hindurchdringen kann.

10 Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe, im Querschnitt betrachtet, jeweils zwei Seitenwände aufweisen, die unterschiedlich stark gekrümmt sind. Dadurch bekommen die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe eine im Wesentlichen sichelförmige Gestalt.

15 Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Krümmungsradien der Seitenwände der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe von der Neutralachse zu der Magnetachse hin abnehmen. Je kleiner der Krümmungsradius der Seitenwände wird, desto kleiner wird die Länge des zwischen den Seitenwänden eingeschlossenen Aufnahmeraums. Das
20 hat sich bei im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführten Messungen im Hinblick auf den Wirkungsgrad des Elektromotors als vorteilhaft erwiesen.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Seitenwände der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, an ihren nach innen gewandten Enden durch eine gerundete Verbindungswand verbunden sind. Das hat sich unter
25 fertigungstechnischen und funktionellen Gesichtspunkten als besonders vorteilhaft erwiesen.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungswände sämtlicher Aufnahmeräume für die Leiterstäbe den gleichen Radius aufweisen. Daraus ergibt sich, dass der Abstand zwischen den Seitenwänden radial innen ebenfalls konstant ist.
30

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume für die Permanentmagneten so gekrümmt

ausgebildet und um die Drehachse des Rotors herum angeordnet sind, dass der Abstand zwischen den Aufnahmeräumen für die Permanentmagneten und den Aufnahmeräumen für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, im Bereich der Magnetachse größer als im Bereich der Neutralachse ist. Dadurch wird ausreichend Raum für die magnetischen Feldlinien des von dem Stator erzeugten Magnetfelds geschaffen.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume für die Permanentmagneten, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, die Gestalt von Bögen aufweisen, die in Form einer Ellipse angeordnet sind, deren Hauptachse mit der Neutralachse, und deren Nebenachse mit der Magnetachse zusammenfällt. Diese Anordnung hat sich bezüglich der Verteilung der Magnetfeldlinien im Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung als besonders vorteilhaft erwiesen.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor mindestens eine Übergangszone aufweist, in der die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe nicht gekrümmt ausgebildet sind. Der Rotor kann aus einem auf eine Welle aufgebrachten Blechpaket gebildet sein. In der Übergangszone können laminierte Bleche angeordnet sein, die keine gekrümmten Aufnahmeräume für die Leiterstäbe aufweisen. Die Übergangszone dient dazu, eine sogenannte Nutschrägung zu erreichen, das heißt, dass ein Leiterstab in einem ersten Ende des Rotors im Vergleich zum Leiterstab im anderen Ende des Rotors versetzt ist. Die Versetzung, zum Beispiel zwischen 10 und 20 mechanischen Grad, wird in der Übergangszone erreicht, indem der Leiterstab nicht parallel mit der Drehachse des Rotors läuft, sondern zu dieser seitlich verschrägt. Durch die Nutschrägung wird die Amplitude von im Drehfeld störenden magnetischen Harmonischen erwünscht stark reduziert. Die Übergangszone besteht aus zum Beispiel 10 bis 20 Blechen, deren Aufnahmeräume zueinander versetzt sind.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe radial außen geschlossen sind. Die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe sind vorzugsweise am äußeren Umfang des Rotors angeordnet und können, obwohl sie einen geschlossenen Querschnitt aufweisen, auch als Nuten bezeichnet werden. Dadurch, dass die

- 7 -

Aufnahmeräume geschlossen sind, wird erreicht, dass hochfrequente Anteile im magnetischen Feld keine Verlustströme in den Leiterstäben induzieren.

Bei einem Elektromotor, insbesondere einem Line-Start-Elektromotor, mit einem Stator, der eine Vielzahl von Wicklungen umfasst, ist die oben angegebene Aufgabe dadurch gelöst, dass ein vorab beschriebener Rotor drehbar innerhalb des Stators angeordnet ist. Durch den erfindungsgemäßen Rotor kann das Magnetfeld beim Anlaufen des Elektromotors so gesteuert werden, dass Lücken im Magnetfeld der Permanentmagneten ausgefüllt werden können. Durch den annähernd sinusförmigen Verlauf des Magnetfelds beziehungsweise der magnetischen Feldstärke beziehungsweise der magnetischen Flussdichte können Wirkungsgrade von mehr als 90 % erreicht werden.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Elektromotors ist dadurch gekennzeichnet, dass an den Stirnseiten des Rotors Kurzschlussringe angeordnet sind, welche die Leiterstäbe miteinander verbinden. Die Kurzschlussringe und die Leiterstäbe bilden einen Käfig, in welchem eine Spannung induziert wird.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung ein Ausführungsbeispiel im einzelnen beschrieben ist. Es zeigen:

Figur 1 die Darstellung eines Querschnitts durch einen Rotor;

Figur 2 eine verkleinerte Darstellung des Rotors aus Figur 1 mit Feldlinien des durch die Permanentmagnete erzeugten Magnetfelds und

Figur 3 den Rotor aus Figur 2 mit Feldlinien des von einem Stator erzeugten Magnetfelds.

In Figur 1 ist ein Rotor 1 eines Line-Start-Elektromotors im Querschnitt dargestellt. Der Rotor 1 weist ein zentrales Durchgangsloch 2 auf, das zur Aufnahme einer (nicht dargestellten) Welle dient, über die ein von dem Elektromotor erzeugtes Drehmoment abgegeben werden kann.

Um das Durchgangsloch 2 herum sind vier Aufnahmeräume 4, 5, 6 und 7 für Permanentmagnete 10, 11, 12 und 13 angeordnet. Die Aufnahmeräume 4 bis 7 erstrecken sich in axialer Richtung zumindest über einen Teil der Länge des

- 8 -

Rotors 1. Im Querschnitt betrachtet sind die vier Aufnahmeräume 4 bis 7 für die Permanentmagneten 10 bis 13 in der Gestalt einer Ellipse angeordnet. Die Pole der Permanentmagneten 10 bis 13 sind jeweils durch die Großbuchstaben N für Nordpol und S für Südpol bezeichnet. Die dargestellte Anordnung der Permanentmagnete 10 bis 13 führt zur Ausbildung eines magnetischen Felds, dessen Feldstärke entlang einer neutralen Achse 16 Null und entlang einer Magnetachse 17 am größten ist. Die neutrale Achse 16 wird auch als Neutralachse bezeichnet.

Nach außen hin wird der Rotor 1 von einer Kreiszylindermantelfläche begrenzt, auf deren Umfang eine Vielzahl von Aufnahmeräumen 20 bis 25 und 28, 29 für Leiterstäbe angeordnet sind. Die Aufnahmeräume für (nicht dargestellte) Leiterstäbe erstrecken sich in axialer Richtung über die gesamte Länge des Rotors 1. Der Rotor 1 ist, bezogen auf die neutrale Achse 16 und die Magnetachse 17 in sich symmetrisch ausgebildet. Deshalb sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die Aufnahmeräume 20 bis 25 und 28, 29 für die Leiterstäbe mit Bezugszeichen versehen.

Jeder Aufnahmeraum für einen Leiterstab, der auch als Aufnahmeraum für eine Leiterwicklung bezeichnet werden kann, umfasst zwei Seitenwände 31 und 32, die durch eine halbkreisförmige Verbindungswand 34 verbunden sind. An dem anderen Ende sind die länglichen Aufnahmeräume für die Leiterstäbe spitz oder stumpf zulaufend ausgebildet. Die Abstände 35 bis 39 zwischen den nach außen gewandten Enden der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe sind konstant.

In Figur 1 sieht man, dass die beiden Seitenwände des Aufnahmeraums 28 konkav ausgebildet sind. Im Unterschied dazu sind die beiden Seitenwände des Aufnahmeraums 29 konvex ausgebildet. Der Aufnahmeraum 28 wird durch die neutrale Achse 16 und der Aufnahmeraum 29 durch die Magnetachse 17 in zwei gleiche Hälften zerteilt. Die zwischen den Aufnahmeräumen 28 und 29 und somit zwischen der Neutralachse 16 und der Magnetachse 17 angeordneten Aufnahmeräume 20 bis 25 weisen jeweils eine konvexe und eine konkave Seitenwand auf. Der Krümmungsradius der Aufnahmeräume 20 bis 25 nimmt von der Neutralachse 16 zu der Magnetachse 17 hin ab. Das heißt, der Aufnahmeraum 20 weist die größten und der Aufnahmeraum 25 die kleinsten Krümmungsradien auf.

In Figur 2 ist das von den Permanentmagneten 10 bis 13 erzeugte Magnetfeld in Form von magnetischen Feldlinien teilweise dargestellt.

5 In Figur 3 ist das von einem (nicht dargestellten) Stator erzeugte Magnetfeld während des asynchronen Anlaufen des Rotors in Form von Magnetfeldlinien teilweise dargestellt. Durch Pfeile 48 und 49 ist in Figur 3 der magnetische Fluss durch den Rotor 1 angedeutet.

10 Die gekrümmten Aufnahmeräume für die Leiterstäbe, die auch als Nuten bezeichnet werden können, liefern den Vorteil, dass das von den Permanentmagneten erzeugte magnetische Feld im Betrieb des (nicht dargestellten) Line-Start-Elektromotors kontrolliert durch den Rotor 1 hindurchgeleitet werden. Dadurch kann im Betrieb des Elektromotors in dem Luftspalt zwischen Stator und Rotor ein angenähert sinusförmiger Verlauf der Feldstärke des resultierenden Magnetfelds erzeugt werden.

15 Die Krümmung der Nuten beziehungsweise Aufnahmeräume für die Leiterstäbe hat die primäre Funktion während des synchronen Betriebes des Elektromotors das von den Permanentmagneten erzeugte magnetische Feld sinusförmig in dem Luftspalt zwischen Rotor und Stator zu verteilen. Demzufolge wird das Magnetfeld im Bereich der Neutralachse am schwächsten und im Bereich der Magnetachse am stärksten sein.

20 Darüber hinaus wird durch die gekrümmte Ausbildung der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe und die spezielle Anordnung der Leiterstäbe beim Anlaufen des Elektromotors viel Raum für das den Rotor durchdringende magnetische Feld des Stators geschaffen. Wie in Figur 3 zu sehen ist, ist zwischen den Aufnahmeräumen 24 und 25 für die Leiterstäbe und dem Permanentmagneten 11 ausreichend Raum für den Durchgang der Magnetfeldlinien. Dadurch werden magnetische Engpässe vermieden, die zu einer unerwünschten Sättigung des Rotorblechs führen könnten. Durch die spezielle Anordnung der Permanentmagneten wird der zur Verfügung stehende Raum noch vergrößert.

30 Mit der Erfindung wird erreicht, dass das Magnetfeld beim Anlaufen des Elektromotors so gesteuert wird, dass Lücken im Magnetfeld, die durch die Permanentmagneten verursacht werden, ausgefüllt werden.

Ansprüche

1. Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (4 bis 7), für Permanentmagnete (10 bis 13) und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (20 bis 25) für Leiterstäbe, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahme-
5 räume (20 bis 25) für die Leiterstäbe in mindestens einem Sektor des Rotors einen im Wesentlichen länglichen Querschnitt aufweisen, und dadurch, dass die Aufnahme-
räume (20 bis 25) für die Leiterstäbe in diesem Sektor, im Querschnitt betrachtet, entlang ihrer Längsachse gekrümmt ausgebildet sind.
- 10 2. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Permanentmagnete (10 bis 13), insbesondere vier Permanentmagnete, so angeordnet sind, dass sie ein magnetisches Drehfeld mit einer Neutralachse (16) und einer Magnetachse (17) erzeugen, die senkrecht zu der Neutralachse (16) angeordnet
15 ist, wobei die Krümmungsradien der Aufnahmeräume (20 bis 25) für die Leiterstäbe von der Neutralachse (16) zu der Magnetachse (17) hin abnehmen.
3. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand (35 bis 39) zwischen den Aufnahmeräumen für die Leiterstäbe konstant ist.
- 20 4. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeräume (20 bis 25) für die Leiterstäbe, im Querschnitt betrachtet, so entlang ihrer Längsachse gekrümmt ausgebildet und angeordnet sind, dass der Abstand der Aufnahmeräume (20 bis 25) für die Leiterstäbe zur Drehachse des Rotors, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, von der Neutralachse (16) zu der Magnetachse (17) hin zunimmt.
- 25 5. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Längsachsen der Aufnahmeräume (20, 21) für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, in der Nähe der Neutralachse (16), abgesehen von der Krümmung und bezogen auf den Rotor, im Wesentlichen radial ausgerichtet sind, und dadurch, dass die Längsachsen der Aufnahme-
30 räume (24,25) für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, zur Magnetachse (17) hin so verdreht angeordnet sind, dass die radial äußeren Enden

- 11 -

der Aufnahmeräume (24,25) für die Leiterstäbe in einem geringeren Abstand zu der Magnetachse (17) angeordnet sind als bei einer radialen Ausrichtung.

5 6. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeräume (20 bis 25) für die Leiterstäbe, im Querschnitt betrachtet, jeweils zwei Seitenwände (31,32) aufweisen, die unterschiedlich stark gekrümmt sind.

7. Rotor nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Krümmungsradien der Seitenwände (31,32) der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe von der Neutralachse (16) zu der Magnetachse (17) hin abnehmen.

10 8. Rotor nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Seitenwände der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, an ihrer nach innen gewandten Enden durch eine gerundete Verbindungswand (34) verbunden sind.

15 9. Rotor nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbindungswände (34) sämtlicher Aufnahmeräume für die Leiterstäbe den gleichen Radius aufweisen.

20 10. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeräume (4 bis 7) für die Permanentmagneten so gekrümmt ausgebildet und um die Drehachse des Rotors herum angeordnet sind, dass der Abstand zwischen den Aufnahmeräumen (5) für die Permanentmagneten (11) und den Aufnahmeräumen (20 bis 25) für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, im Bereich der Magnetachse (17) größer als im Bereich der Neutralachse (16) ist.

25 11. Rotor nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeräume (4 bis 7) für die Permanentmagneten (10 bis 13) im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, die Gestalt von Bögen aufweisen, die in Form einer Ellipse angeordnet sind, deren Hauptachse mit der Neutralachse (16), und deren Nebenachse mit der Magnetachse (17) zusammenfällt.

30 12. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rotor mindestens eine Übergangszone aufweist, in der die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe nicht gekrümmt ausgebildet sind.

- 12 -

13. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeräume (20 bis 25, 28,29) für die Leiterstäbe radial außen geschlossen sind.

5 14. Elektromotor, insbesondere Line-Start-Elektro-motor, mit einem Stator, der eine Vielzahl von Wicklungen umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Rotor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche drehbar innerhalb des Stators angeordnet ist.

10 15. Elektromotor nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass an den Stirnseiten des Rotors (1) Kurzschlussringe angeordnet sind, welche die Leiterstäbe miteinander verbinden.

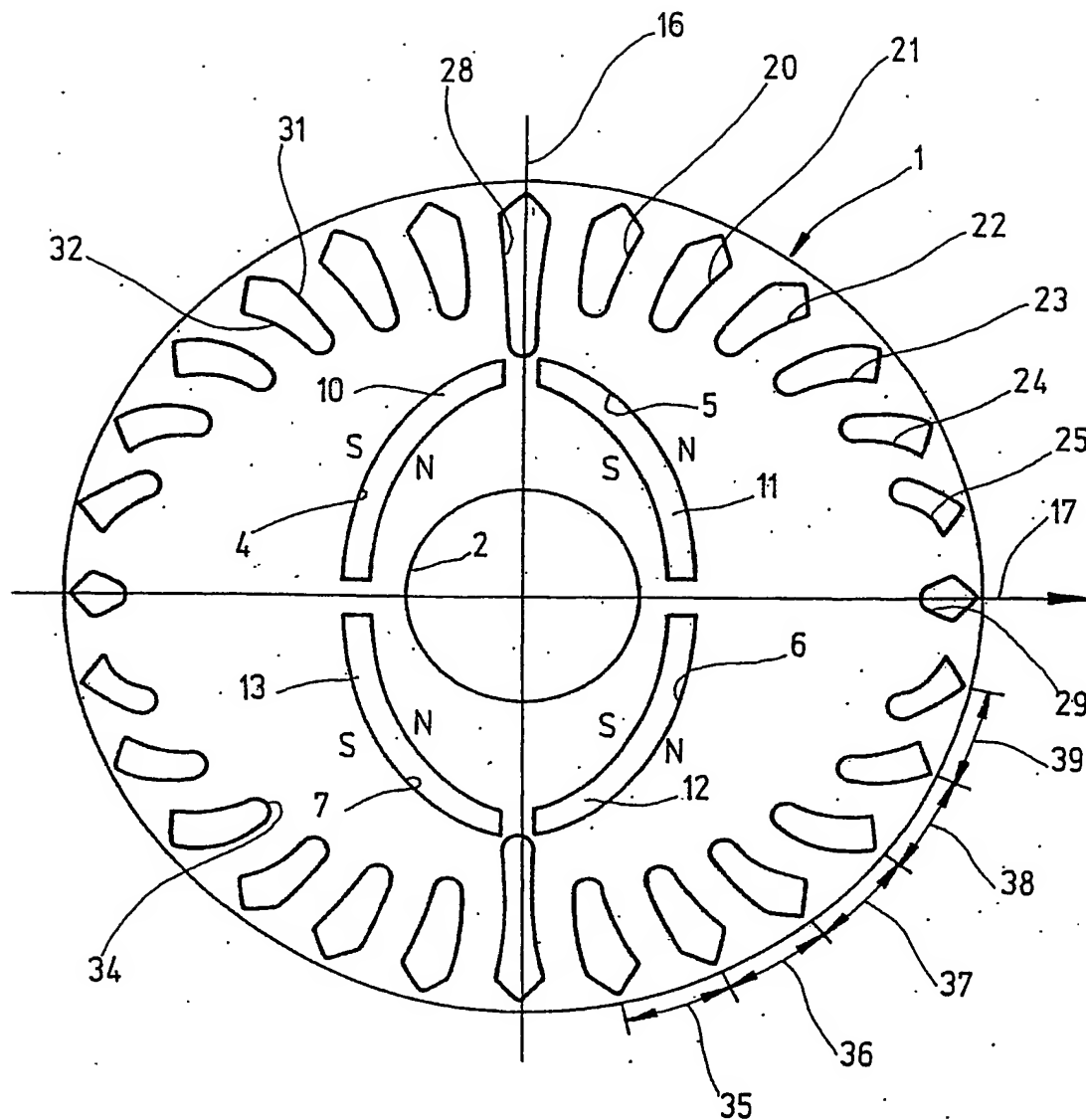
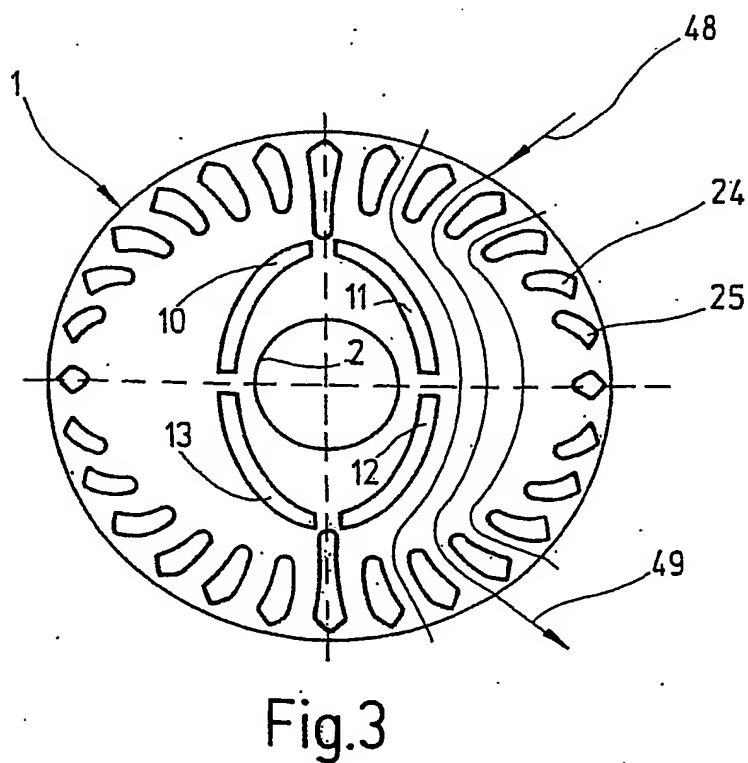
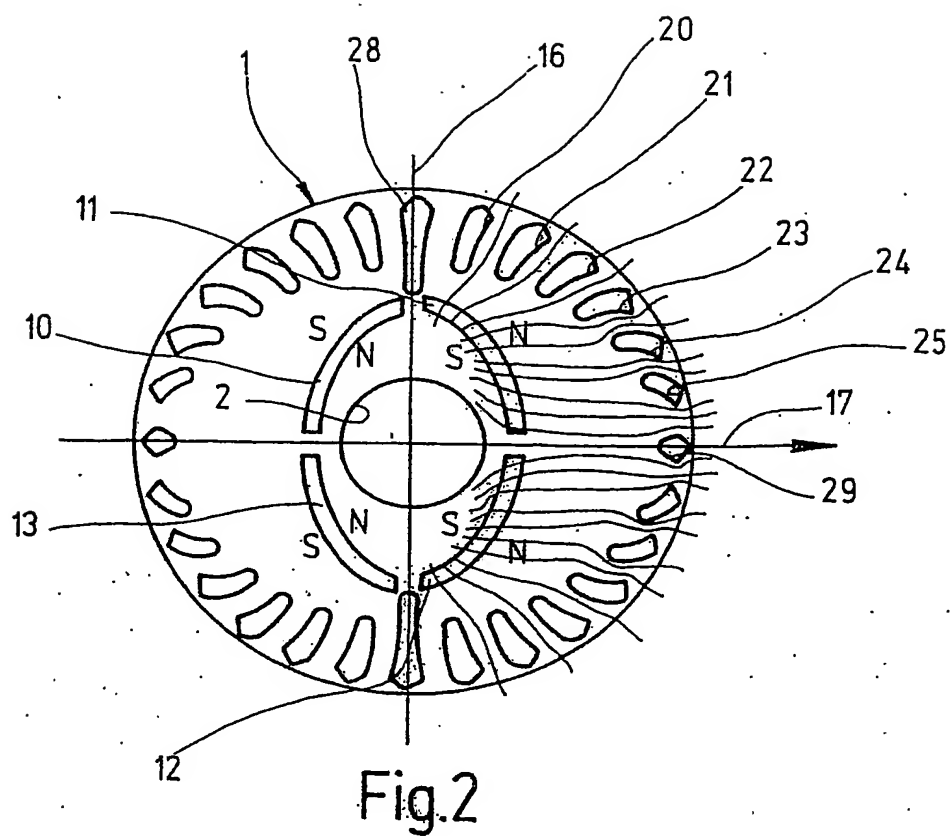


Fig.1

2 / 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat Application No
PCT/DK 03/00862

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H02K1/27 H02K17/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 01 06624 A (YOSHIDA MICHIOHIRO ; TAKIMOTO TORU (JP); SASAKI KENJI (JP); TAMURA T) 25 January 2001 (2001-01-25) page 23, line 5 - line 16	1,3,6, 12-15
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 137 (E-072), 29 August 1981 (1981-08-29) & JP 56 071442 A (TOSHIBA CORP), 15 June 1981 (1981-06-15) abstract; figure 6	1,3,6, 12-15
A	US 6 223 416 B1 (SCOTT ALLEN W ET AL) 1 May 2001 (2001-05-01) column 15, line 55 - column 17, line 13	1-15
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 March 2004

Date of mailing of the international search report

13 APR 2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

IRMA BORNHEDE/MN

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internati plication No
PCT/DK 03/00862

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
------------	--	-----------------------

A	<p>WO 97 45942 A (IRRI OY ;PYRHOENEN JUHA (FI); ROTATEK FINLAND OY (FI)). 4 December 1997 (1997-12-04) page 12, line 17 - line 27; figure 6 -----</p>	1-15
---	---	------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DK 03/00862

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0106624	A	25-01-2001	JP 2001037126 A	09-02-2001
			JP 2001037119 A	09-02-2001
			JP 2001086675 A	30-03-2001
			JP 2001095183 A	06-04-2001
			JP 2001346347 A	14-12-2001
			JP 2001346369 A	14-12-2001
			AU 6014800 A	05-02-2001
			BR 0012508 A	02-04-2002
			CN 1360748 T	24-07-2002
			EP 1198875 A1	24-04-2002
			WO 0106624 A1	25-01-2001
JP 56071442	A	15-06-1981	NONE	
US 6223416	B1	01-05-2001	US 5852338 A	22-12-1998
			US 5911453 A	15-06-1999
			CA 2118067 A1	21-04-1995
			DE 4436898 A1	27-04-1995
			GB 2283133 A ,B	26-04-1995
			IT MI942135 A1	20-04-1995
			US 5636432 A	10-06-1997
			US 5640064 A	17-06-1997
			US 5668429 A	16-09-1997
			US 5915750 A	29-06-1999
			US 6088905 A	18-07-2000
WO 9745942	A	04-12-1997	FI 962270 A	01-12-1997
			AU 2964897 A	05-01-1998
			AU 2964997 A	05-01-1998
			CA 2256546 A1	04-12-1997
			CN 1225756 A ,B	11-08-1999
			EP 1016197 A1	05-07-2000
			FI 971660 A	01-12-1997
			WO 9745941 A1	04-12-1997
			WO 9745942 A1	04-12-1997
			US 6184606 B1	06-02-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DK 03/00862

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H02K1/27 H02K17/16

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 01 06624 A (YOSHIDA MICHIMIRO ; TAKIMOTO TORU (JP); SASAKI KENJI (JP); TAMURA T) 25. Januar 2001 (2001-01-25) Seite 23, Zeile 5 - Zeile 16 ---	1,3,6, 12-15
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 137 (E-072), 29. August 1981 (1981-08-29) & JP 56 071442 A (TOSHIBA CORP), 15. Juni 1981 (1981-06-15) Zusammenfassung; Abbildung 6 ---	1,3,6, 12-15
A	US 6 223 416 B1 (SCOTT ALLEN W ET AL) 1. Mai 2001 (2001-05-01) Spalte 15, Zeile 55 - Spalte 17, Zeile 13 --- -/-	1-15

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. März 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13 APR 2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3018

Bevollmächtigter Bediensteter

IRMA BORNHEDE/MN

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DK 03/00862

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>WO 97 45942 A (IRRI OY ;PYRHOENEN JUHA (FI); ROTATEK FINLAND OY (FI)) 4. Dezember 1997 (1997-12-04) Seite 12, Zeile 17 - Zeile 27; Abbildung 6 -----</p>	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DK 03/00862

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0106624 A	25-01-2001	JP 2001037126 A	09-02-2001
		JP 2001037119 A	09-02-2001
		JP 2001086675 A	30-03-2001
		JP 2001095183 A	06-04-2001
		JP 2001346347 A	14-12-2001
		JP 2001346369 A	14-12-2001
		AU 6014800 A	05-02-2001
		BR 0012508 A	02-04-2002
		CN 1360748 T	24-07-2002
		EP 1198875 A1	24-04-2002
		WO 0106624 A1	25-01-2001
JP 56071442 A	15-06-1981	KEINE	
US 6223416 B1	01-05-2001	US 5852338 A	22-12-1998
		US 5911453 A	15-06-1999
		CA 2118067 A1	21-04-1995
		DE 4436898 A1	27-04-1995
		GB 2283133 A ,B	26-04-1995
		IT MI942135 A1	20-04-1995
		US 5636432 A	10-06-1997
		US 5640064 A	17-06-1997
		US 5668429 A	16-09-1997
		US 5915750 A	29-06-1999
		US 6088905 A	18-07-2000
WO 9745942 A	04-12-1997	FI 962270 A	01-12-1997
		AU 2964897 A	05-01-1998
		AU 2964997 A	05-01-1998
		CA 2256546 A1	04-12-1997
		CN 1225756 A ,B	11-08-1999
		EP 1016197 A1	05-07-2000
		FI 971660 A	01-12-1997
		WO 9745941 A1	04-12-1997
		WO 9745942 A1	04-12-1997
		US 6184606 B1	06-02-2001